

PREVISÃO DE CONSUMO DE ENERGIA PARA CAMPI UNIVERSITÁRIOS BASEADA EM IA

Paulo Oliveira^{1*}, João Sousa^{1,2}, Luís M.N.Távora^{1,3}, Pedro Marques^{1,2}, Carlos Grilo^{1,4}

1: Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Politécnico de Leiria

*e-mail: 2213002@my.ipleiria.pt, proberto3122@gmail.com

2: INESC Coimbra, Delegação de Leiria

3: Instituto de Telecomunicações, Morro do Lena-Alto do Vieiro, Leiria, Portugal

4: Centro de Investigação em Informática e Comunicações do Politécnico de Leiria

e-mail: {jcsousa, luis.tavora, marques, carlos.grilo}@ipleiria.pt, web: <http://www.ipleiria.pt>

Palavras chave: Gestão de Consumo de Energia, *Smart Campus*, Séries Temporais, Inteligência Artificial, *Forecasting*.

Os modelos de previsão de consumo de energia são de grande importância para as organizações e uma ampla gama de técnicas foram desenvolvidas com vista a este objetivo. Diversas instituições de ensino têm vindo a instalar medidores inteligentes em diferentes edifícios dos seus *campi*, permitindo detalhar o consumo quase em tempo real, dotando essas organizações de significativos volumes de dados com valiosa informação do ponto de vista estratégico. O consumo de energia em *campus* universitários é impulsionado principalmente por vários fatores, como: tipo da edificação, idade da edificação, ocupação, horário de funcionamento, tipologia de equipamento instalado e condições climatéricas. Há ainda categorias diferentes: edifícios académicos, administrativos e edifícios residenciais. Nesse contexto, os métodos de aprendizagem computacional supervisionados desempenham um papel essencial [1], uma vez que permitem aplicar técnicas de previsão baseadas em dados históricos. No caso particular do consumo de energia elétrica, tal possibilitará à instituição assumir o papel de consumidor mais participativo e informado, podendo adequar o seu consumo e decidir de forma mais criteriosa a proposta de comercializador e/ou de tipo de tarifa mais favorável. Assim, a proposta deste trabalho assenta na modelação [2] com base no comportamento de dados históricos e na otimização de parâmetros de redes neuronais para obter o mínimo de erro possível na previsão do consumo de energia elétrica do dia seguinte para o *Campus 2* da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico de Leiria, incluindo a análise do desempenho dos modelos explorados. Uma previsão confiável de consumo de energia ajuda os decisores a prepararem o orçamento futuro, e as equipas de gestão de energia a definir as suas prioridades e objetivos estratégicos e a participar na definição do orçamento anual. Deste modo, deverá privilegiar-se a adoção de um modelo de previsão simples, mais expedito e rigoroso que possa ser usado para diferentes tipos de *Campi*. Sabe-se que emissões médias de CO₂ devem ser medidas e acompanhadas num campus universitário típico, e que as mesmas dependem do seu consumo de energia elétrica, de gás e do número de estudantes. Portanto, ao refletir na Sustentabilidade do Campus, é necessário incluir uma boa previsão do consumo de energia elétrica e de gás, já que poderá viabilizar [1]: **a)** o dimensionamento mais rigoroso de sistemas de produção fotovoltaica em Regime de AutoConsumo, procurando compatibilizar o consumo com a disponibilidade de produção fotovoltaica; **b)** uma estimativa de encargos futuros com a energia elétrica; **c)** a adoção de planos de gestão de procura de energia, tentando induzir uma maior flexibilidade da procura em períodos mais críticos ou com maiores penalizações tarifárias. O problema a resolver consiste na previsão do consumo de energia elétrica do dia seguinte no *Campus 2* do Politécnico de Leiria, com base no consumo diário verificado nos n dias

anteriores. Para isso, foram utilizados dados históricos de consumo entre outubro de 2015 e outubro de 2022, recolhidos a cada 15 minutos. Uma vez recolhidos os dados, foi necessário, numa primeira fase, resolver problemas relacionados com o início e o fim do horário de verão, que têm como consequência a duplicidade ou ausência de dados. Numa segunda fase, foi aplicado um tratamento de reamostragem para agregar os dados para valores de consumo diário. Os dados foram então divididos nos conjuntos de treino, validação e teste, sendo os dados correspondentes ao período temporal entre 10/2021 e 10/2022 reservados para teste, 10/2020 a 10/2021 para validação e os restantes para treino. Na etapa de modelação [3] foram construídos modelos de previsão de consumo para o dia seguinte com base em janelas temporais dos 7 e 14 dias anteriores. Foram testados diversos modelos de Inteligência Artificial (IA), nomeadamente redes neuronais *Multilayer Perceptron (MLP)*, redes *Long Short-Term Memory (LSTM)* e redes *Gated Recurrent Unit (GRU)* com diversas parametrizações. A Tabela 1 mostra os melhores resultados obtidos com cada tipo de modelo, sendo visível que em todos eles foi possível obter um *mean absolute percentage error (MAPE)* abaixo dos 8%. A Figura 1 mostra um gráfico comparativo dos valores reais com os valores previstos utilizando o modelo com duas camadas *GRU* contendo 64 neurónios cada, além de uma camada *Dropout*.

Tabela 1 MAPE para os melhores modelos desenvolvidos1

| Modelo | MAPE |
|--------|------|
| MLP | 7,6% |
| LSTM | 7.6% |
| GRU | 7.1% |

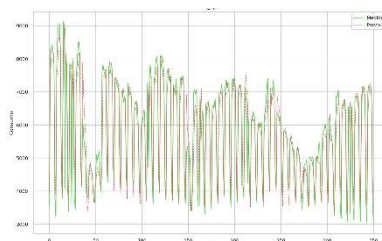


Figura 1 alores reais e valores previstos

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram a importância do uso de IA, trazendo várias contribuições significativas quanto a rapidez e acurácia para previsão do consumo de energia em campus universitário. Tem também várias implicações práticas, posto que os impactos positivos de fornecer uma previsão mais precisa de consumo no curto prazo reduzirá a incerteza de planeamento que ajudam no processo decisório da gestão do Campus. No futuro existem aspetos que poderão ser alvo de desenvolvimento com o objetivo de reduzir erros de previsão. Em particular, pretende-se desenvolver modelos capazes de prever o consumo de energia elétrica de um determinado dia da semana com base em n dias da semana semelhantes anteriores, por exemplo, prever o consumo da próxima 3ª feira com base no consumo das últimas n 3ªs feiras, e também a previsão de consumo para cada edifício do Campus.

Referências

- [1] M. A. Islam, H. S. Che, M. Hasanuzzaman and N. A. Rahim. (2020) Energy for sustainable development, Energy demand forecasting. Elsevier, pp. 105–123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814645-3.00005-5>
- [2] Ruiz, M. C. Pegalajar, R. Arcucci and M. Molina- Solana. (2020) Expert Systems with Applications 160 - L. G. B. «A time-series clustering methodology for knowledge extraction in energy consumption data», p. 113731. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113731>
- [3] R. V. Klyuev, I. D. Morgoev, A. D. Morgoeva, O. A. Gavrina, N. V. Martyushev, E. A. Efremenkov and Q. Mengxu. (2022) Energies 15.23 - Methods of Forecasting Electric Energy Consumption: A Literature Review», p. 8919. <https://doi.org/10.3390/en15238919>